

〔駒沢女子大学 研究紀要 第14号 P.103～109 2007〕

レジャーダイバーの減圧障害 (DCI) 発症件数を推測

芝 山 正 治

The Research Which Estimates the Decompression Failure (DCI) Crisis Number of the Recreational Diver.

Masaharu SHIBAYAMA

I. はじめに

潜水障害は、耳や副鼻腔の障害など比較的軽い障害から減圧症や空気塞栓症 (Air embolism: エアーエンリズム) のように重篤な症状へ移行する障害がある^{1,2,34)}。

我々⁵⁾が潜水障害の発生頻度を調べたところによると、耳の障害が9.6%、副鼻腔の障害が5.3%であり、減圧症 (Decompression sickness: DCS) では2%であった。減圧症の他に動脈ガス塞栓症 (Arterial gas embolism: AGE)^{2,3)}があるが、AGEが疑われる症状でも減圧症と診断されるケースや、減圧症であるのか、AGEであるのか、鑑別できない症状も数多くあることから、減圧症とAGE及び両者の鑑別が困難な病態を総称して減圧障害 (Decompression illness: DCI) と定義している⁴⁾。このことから減圧症発症頻度の2%は減圧障害と判断している。

レジャーダイバーの減圧障害の治療件数は、東京医科歯科大学で取り扱った件数だけで、2001年以前は年間10～20件で推移していたが、2002年に同大に新設された高気圧治療室の完成とともに受診者数が急増し、年間300～400件と10倍以上に増加した^{6,7,8)}。その要因には、インターネットの普及が大きく関与し、治療を受けた患者さんによると「ダイビング後の身体異常感と不安感を自覚したので、減圧症との関係を調

べるためインターネットで検索すると東京医科歯科大学に行き当たった」といわれる方が多いことからインターネットを経由しての受診が多いようである。

我々は10年間にわたりレジャーダイバーを対象に調査⁹⁾を行い、減圧症発症とタンク本数の関係を調べた結果、18,000本のダイビングで1回の減圧症が発症していることがわかった。それでは、年間に何人 (件数) のダイバーが減圧障害に罹患しているのかを調べるため、今までに調べられた資料から検証したところ、年間の減圧障害の件数を推測することができたので報告する。

II. 方法

レジャーダイバーの減圧障害発生頻度を調べるために、日本で最もレジャーダイバーが集まる場所といわれている伊豆半島の大瀬崎に向き、ダイビング中のダイバーに対し無作為の聞き取りアンケート調査を行った。調査内容は「スポーツダイバーの健康に関する意識調査」として、性別、年齢、潜水経験年数やタンク本数、潜水障害罹患の有無などである。

調査場所の大瀬崎は西伊豆半島の北端に位置し、東京から日帰りで行ける場所であり、1996年～2000年当時は週末ともなれば約800mの海

岸に2,000人以上のダイバーが集まっていたが、近年ダイバー数の減少が見受けられてはいるが、それでも週末ともなると1,000～1,500人のダイバーが集まる場所である。これらの条件から調査対象者である多くのダイバーが集まり、幅広い調査が行えるために調査場所とした⁵⁾。

調査期間は1996年から2005年までの10年間である。

Ⅲ．結果

10年間の延べ調査総数は5,025人であったが、有効回答とする条件を経験タンク本数6本以上とした結果、4,532人の有効回答が得られた。

ダイバーの種類は、遊びでダイビングをしているダイバーをレクリエーショナルダイバー(RD)、ガイドの仕事や講習の指導をしているダイバーをインストラクターダイバー(ID)に区別した。IDの中には非常勤で働いているダイバーも含められている。それぞれの人数は、RDで3,557人(78.5%)、IDで975人(21.5%)であった。区分毎の経験年数、年間タンク本数、合計タンク本数、減圧症の有無を表1に示す。減圧症罹患患者数は97人(RD：32人33%、ID：65人67

%)、複数回の減圧症罹患回数の合計が107件(RD：34件32%、ID：73件68%)、減圧症罹患率はRDで0.90%、IDで6.67%、減圧症罹患と使用タンク本数の関係はRDで14,657本、IDで20,084本であった。

RDとIDを含めたレジャーダイバーの減圧障害(DCSとAGE)罹患件数を推測するためには、ダイバー人口が必要となる。ダイバー人口は、我々が調べた報告¹⁰⁾を用いると、2005年のダイバー人口が363,000人とされ、ここ10年間は350,000～400,000人で推移している。2005年のダイバー人口の363,000人を基準にRDとIDの割合を求めると、RDが78.5%を占めているので、RDの人口が284,955人、IDの人口が78,045人となる。年間のタンク本数がRDで33.9本、IDで160.7本(表1)であるので、それぞれの年間の総タンク本数がRDで9,659,974本、IDで12,541,832本となる。何本タンクを使ってダイビングをすると減圧症に罹患するかは、RDで14,657本、IDで20,084本(表1)であるので、それぞれの総タンク本数で割り算をすれば減圧症罹患件数がでてくる。結果はRDで659件、IDで624件、計1,283人となった(表2)。

表1 潜水実績と減圧症のリスク(1996～'05.調査)

項 目	RD ave.±SD	ID ave.±SD	平均	±SD
人数	3,557	975	4,532	
経験年数(年)	3.90±3.82	9.62±6.06	5.1	5.0
年間タンク本数	33.9±31.5	160.7±123.8	60.8	82.0
合計タンク本数	140.1±215.2	1503.7±1888.3	432.3	1,055.1
減圧症罹患患者数(人)	32	65	97	
延べ減圧症罹患件数(件)	34	73	107	
減圧症罹患率(%) ¹⁾	0.90	6.67	2.14	
減圧症罹患とタンク本数(本) ²⁾	14,657	20,084	18,310	

RD は、レクリエーショナルダイバー。

PD は、インストラクターまたはガイドダイバー。

1) (減圧症罹患患者数/人数)×100

2) (人数×合計タンク本数)/延べ減圧症罹患件数

表2 RD と ID の年間減圧障害発症件数

項 目	RD	ID	合計
年間の活動ダイバー数(人)	284,955	78,045	363,000
年間のタンク使用本数(本)	9,659,974	12,541,832	22,201,806
年間の減圧症罹患患者数(回)	659	624	1,283

ダイバー人口は、芝山ら（2007）の報告の2005年を用いた。

ID の割合は芝山らが報告している21.5%とした。

年間タンク本数は RD で33.9本、ID で160.7本とした。

減圧症罹患とタンク本数の関係は、RD で14,657本、ID で20,084本とした。

1日に減圧症に罹患するダイバー数は3.5人となる。

減圧障害で病院を受診した割合は56%である。

減圧症経験者中、病院で治療を受けた割合は約半数の56%であり、残りは自然治癒か、自己診断で減圧症と判断し、そのままにしていることになる。

IV. 考察

1. 減圧障害

(1) 減圧症

減圧症は、潜水により不活性ガスの窒素ガスが不適切な減圧方法により体内で気泡化し、この気泡が組織の圧迫や血液循環の不全を引き起こして現れる症状である。具体的な症状は、関節部や筋肉の痛み、脊髄型による知覚麻痺や温覚異常、脳型の頭痛や四肢の麻痺、内耳型の耳鳴りやめまいなどである。原因は、長時間の潜水、減圧表を無視した潜水、ダイビングコンピュータの指示を無視した潜水であるが、減圧表やダイビングコンピュータを守った潜水であっても減圧症に罹患するケースもあり、その報告は多くある^{1,2,34,8,11,13)}。近年では、ダイビング後の高所移動や航空機搭乗が減圧症発症の要因となっているケースも16%存在することが報告されている^{7,9)}。

(2) 動脈ガス塞栓症

動脈ガス塞栓症 (AGE: Arterial Gas Embolism) は空気塞栓症とも言われている。我が国のレジャーダイビング界ではエアエンボや肺の破裂とも呼ばれることが多いが、正確には AGE である^{1,2,34)}。

AGE は潜水中に肺の中の空気が正常な肺の容積を超えて拡張し、肺胞が破裂して肺胞を覆っている肺毛細血管の中に侵入し、血流の中に入ります。肺毛細血管は肺静脈となり心臓に入り、心臓から動脈となり全身に血液とともに空気（気泡）を運びます。気泡は動脈によって全身に運ばれ、全身が障害を受けても不思議ではありません。この症状の原因が動脈に気泡（ガス）が侵入して詰まらせる（塞栓）状態になることから、動脈ガス塞栓症と言われています。この気泡の影響を最も受けやすい臓器が脳と心臓です。心臓の報告例は多くありませんが、脳が障害を受けるケースがほとんどです。

原因は、潜水後の浮上時に呼吸を止めた状態での浮上、咳き込む、急速浮上を行うことなどによって肺胞が破れてしまいます。症状は、減圧症の症状と大変よく似ており、減圧症と鑑別することが困難なことが多いです。減圧症は水深10mを超えての潜水で発症することが多い

ですが、AGE は肺胞の膨張によって破裂するため、水深が数メートルでも発症します。大岩²⁾が述べている通り、肺胞が破裂するといっても風船が膨らみすぎて破れるような劇的なものは少なく、症状のほとんどは“肺の空気が漏れる”という程度である。

2. 減圧障害の治療方法と治療施設

減圧症と AGE は共に体内気泡が原因であるため、体内気泡を縮小または消失させる治療が必要である。減圧障害の治療は、高い圧力をかけて、気泡を効率よく縮小または消失させるために高気圧酸素治療が基本である^{1,4,13)}。この高気圧酸素治療装置には、一人用の第Ⅰ種と多人数が収容できる第Ⅱ種とに別けられる。全国に設置されている第Ⅰ種と第Ⅱ種の数、高気圧酸素治療安全協会の調べ¹⁴⁾で871台が700施設に設置されている。

高気圧酸素装置を用いての治療方法は、米国海軍方式を用いることとされ、一般に Table 6 が使われる。Table 6 は 0.28 MPa (水深 18 m 相当) まで加圧し、酸素を吸入しながら約 5 時間を要する治療表である¹⁵⁾。高気圧酸素治療装置は減圧障害だけではなく、一般疾患、例えば、急性一酸化炭素中毒、ガス壊疽、急性動脈・静脈血行障害、重症熱傷及び重症凍傷など多くの対象疾患がある¹⁶⁾。これらの疾患は減圧障害のような治療時間約 5 時間の治療表を使わず、2 時間前後の治療がほとんどであることから、減圧障害のような治療時間 5 時間を要する疾患に対して治療を行えない施設が多く存在する。また、減圧障害の治療装置は、重篤な患者さんを前提として、付き添いや治療中に医師が装置内に入出りが可能な第Ⅱ種を使うこととされている。このような条件を満たすために高気圧酸素治療装置が 871 台設置されているが、第Ⅱ種を保有している台数は 51 台となり、更に、減圧障害

を治療できる専門医および医師が常駐している施設または減圧障害の治療表 Table 6 を使うことができる施設数は激減し、全国に約 26 施設程度であると思われる。それほど減圧障害を治療できる施設は少ない状態である。その中で東京医科歯科大学は 1966 年から減圧障害の治療を専門に行う施設であり、潜水医学専門医師が常駐する日本で数少ない大学病院である。

3. 減圧障害を治療している施設

東京医科歯科大学で減圧障害の治療を行った症例数は、2001 年以前は年間数件から 50 件程度で推移していたが、2002 年以後増加を示し、2004 年にはレジャーダイバーだけで 370 件の減圧障害を治療している⁷⁾。東京医科歯科大学以外に減圧障害を治療している施設は、関東地区で都立荏原病院、日本医科大学、東海大学病院、海上自衛隊潜水医学実験隊など数カ所であり、北海道地区では 1～2 施設、東北・北陸地区では 5 施設程度、静岡・愛知・大阪地区で 3 施設程度、中国地区で 2 施設、九州・沖縄地区で 6 施設程度とその数は非常に少ない。但し、高気圧酸素治療を担当する医師の移動や減圧障害の治療を取り止めてしまう施設が存在するため、毎年治療可能施設は変動している¹⁴⁾。

国内の潜水医学専門学会は日本では日本高気圧環境・潜水医学会である。過去において医学会のレジャーダイバーに対する対応は、決して積極的なものではなく、むしろ消極的な状態であったが、ここ 10 年程はレジャーダイバーに関する学会発表や論文掲載が活発となり、レジャーダイバーが減圧障害罹患時に治療を求める環境整備が多少整ってきたが、減圧障害の治療となると受け入れ施設数が少ない状態は続いている。施設数が増えない要因として、治療費の問題がある。救急適応の治療費は約 6 万円であるが、発症から 1 週間が経過すると非救急適応と

なり、同じ治療をしても1/30の約2千円の治療費となってしまう^{17,18,19)}。施設によっては救急では治療をするが、非救急では受け入れないところもある。また、レジャーダイバーが潜水後に異常な感覚を自覚したとしても、実際に病院を受診するまでに何週間も経過することが多く、治療効果が望めないケースも多い。これら多くの問題を抱えているのが現状である。

4. 減圧障害件数

年間の減圧障害の治療件数は、東京医科歯科大学で2004年に約370件⁷⁾、中川ら²⁰⁾は東海大学病院で1999年～2003年に66件、吉村ら(2003)²¹⁾年は日本医科大学で1993年～2002年に180件及び2004年の上半期(6ヵ月と思われる)で53件、杉山ら²²⁾は都立荏原病院で1995年～1996年の2年間に113人を受診し、うち72件に対し高気圧酸素治療を実施、後藤ら²³⁾は埼玉医科大学で1976年～1988年に26件(現在は行っていない)、伊藤ら²⁴⁾は海上自衛隊潜水医学実験隊で1982年～1994年に45件、田村ら²⁵⁾は九州の川島整形外科病院で1981年～2005年に8件、有川ら²⁶⁾は鹿児島大学病院で1992年～1994年に2件、永井ら²⁷⁾は沖縄県のセントラル病院と沖縄南部徳洲会病院で1998年4月～2006年7月の8年4ヵ月間に374件、井上ら²⁸⁾は沖縄県の琉球大学病院でⅡ型とⅢ型減圧症を1989年～2003年の15年間で22件治療しているが、Ⅰ型を含めると約2倍の40件程度に達すると推察される。その他の病院でも減圧障害の治療が行われているが、報告例が見あたらないため詳細は把握できていない。

各病院が取り扱った減圧障害の件数は報告された年度で異なり、統一することは出来ないが、おおよそ近年では年間600件程度だと推測される。

経験タンク本数と減圧症発症に至る関係では、

Arness²⁹⁾の報告では7,400ダイブに1回、DAN³⁰⁾やWilmshurst³¹⁾の調査報告では10,000～20,000本に1回である。本調査では平均で18,310本(RD:14,657本、ID:20,084本)と一致する結果が得られた。本調査によって得られた年間のタンク本数、減圧症罹患とタンク本数および、調査で減圧症に罹患したダイバーが病院を受診した割合が56%と確認されている⁵⁾こと、並びにダイバー人口を参考¹⁰⁾として表2にレジャーダイバーの年間減圧障害罹患件数を1,283件と推測した。この1,283件中に病院を受診した件数は57%の718件となり、残りの565件は自己診断で減圧障害と判断しているか、減圧障害であっても自然治癒してしまったケースであろうと思われる。前述した病院の取扱件数600件とは120件ほど食い違う結果となったが、あくまでも推測であるとして年間に減圧障害に罹患しているダイバーが1,000人程度は存在するのであると思われる。

過去においては年間数件から数十件の減圧障害の治療を東京医科歯科大学で治療してきた。この時にはレジャーダイバーの減圧障害の件数はせいぜい数十件程度であると考えられていた。しかし、本調査研究によりレジャーダイバーの減圧障害の発生頻度が年間1,000件程度であることが調べられ、減圧障害の発生件数が想像以上に多いことが確認でき、今後、減圧障害予防のために啓蒙活動を活発に続けなければならないことを痛感した。

本研究は、厚生労働省の科学研究費(労働衛生H19-労働-004)の補助を受けて実施されたものである。

[参考資料及び文献]

- 1) 眞野喜洋編著：潜水医学、東京；朝倉書店、1992、潜水と耳の医学 p80-100、減圧症

- p193-236、スクーバ潜水とスポーツ医学
p237-278
- 2) 大岩弘典：新しい潜水医学、東京；水中造形センター、2003、エアエンボ p53-60
 - 3) 池田知純：潜水医学入門、東京；大修館書店、1995、14空気塞栓症 p100-105
 - 4) 山見信夫：Dr.山見のDiver's Clinic からだとダイビング、東京；サイエティ、2002、減圧障害の基礎知識 p212-221
 - 5) 芝山正治：スクーバダイビングの安全対策に関する潜水障害の発生頻度および予防に関する調査研究—8年間の調査結果から—、駒沢女子大学研究紀要、11：91-97、2004.
 - 6) 眞野喜洋、芝山正治、山見信夫、中山晴美、杉山弘行、泉谷敏文、新井 学、五阿彌勝稜：減圧症発症の年次推移と職業別及び病型別分類、日本高気圧環境医学会誌、32(4)：249-257、1998.12.
 - 7) 芝山正治：ダイビング終了後の高所移、日本高気圧環境医・潜水学会関東地方会誌、7(1)：31-34、2007.5.
 - 8) 芝山正治、小宮正久、山見信夫、外川誠一郎、柳下和慶、中山晴美、岡崎史紘、眞野喜洋：ガイドダイバーの潜水プロフィールと窒素ガス溶解量から減圧症発症予防対策を考察、日本高気圧環境・潜水医学会関東地方会誌、6(2)：28-30、2007.1.
 - 9) 芝山正治、眞野喜洋、山見信夫：レジャーダイバーの潜水障害発生頻度に関する研究—レジャーダイバーの年間減圧症罹患件数—、平成16~18年度厚生労働省科学研究費補助金分担総合研究報告書、2007.p37-39
 - 10) 芝山正治、小宮正久、山見信夫、外川誠一郎、柳下和慶、中山晴美、岡崎史紘、眞野喜洋：レジャーダイバー調査（10年間）からみたダイバー人口動態の推移、日本高気圧環境・潜水医学会誌、42(1)：17-21、2007.3.
 - 11) 芝山正治：ファンダイビングのプロフィールから窒素ガスと減圧症発症率を考える、安全潜水を考える会 研究集会 発表集、9：31-36、2007.3.
 - 12) 芝山正治：職業ダイバーの潜水プロフィールと窒素ガス溶解量—減圧症の予防—、安全潜水を考える会 研究集会 発表集、9：38-45、2006.3.
 - 13) 眞野喜洋、山見信夫、外川誠一郎、中山晴美、中山徹、角田幸雄、岡崎史紘、芝山正治、川島真人：形成気泡からみたわが国の標準減圧表評価、日本高気圧環境医学会誌、40(1)：21-24、2005.3.
 - 14) 高気圧酸素治療安全協会：安全協会ニュース、高気圧酸素治療安全協会、16(2)：p26-92、2007.
 - 15) 眞野喜洋 翻訳者代表：NOAA（アメリカ海洋大気局）Diving manual、東京；社会スポーツセンター、1996、pc6-cl5
 - 16) 日本高気圧環境医学会：高気圧酸素治療の安全基準、日本高気圧環境医学会誌、39(4)：250-262、2004.
 - 17) 眞野喜洋：減圧症治療に伴う治療費の国際比較、安全潜水を考える会 研究集会、5-15、2004.
 - 18) 永芳郁文、山口喬、田村裕昭、高尾勝浩、川島真人：高気圧酸素治療のコスト問題に関するアンケート結果、日本高気圧環境医学会誌、40(2)：81-86、2005.
 - 19) 外川誠一郎、山見信夫、中山晴美、眞野喜洋、芝山正治：第二種装置のコスト問題、日本高気圧環境医学会誌、40(2)：87-88、2005.
 - 20) 中川儀英、山本五十年、秋枝一基、関知子、梅澤和夫、猪口貞樹、小森恵子：減圧

- 症障害に対するドクターヘリ支援システム、第39回日本高気圧環境・潜水医学会総会 抄録集、39(3)：216、2004.
- 21) 吉村成子、恩田昌彦、田尻孝、徳永昭、高崎秀明、松田範子：糖施設で急増しているメニエル型減圧症について、日本高気圧環境医学会誌、38(4)：263-267、2003.
- 22) 杉山弘行、神山喜一：不活性ガスと急性減圧症、日本高気圧環境医学会誌、30(3)163-169、1997.
- 23) 後藤興四之：埼玉医大における減圧症治療の現況と問題点、第23回日本高気圧環境医学会総会、23(1)：21、1988.
- 24) 伊藤正孝、和田孝次郎、松永毅、岡野真道、鈴木信哉、小此木國明、妹尾正夫、大岩弘典：海上自衛隊潜水医学実験隊における減圧症症例の最近の傾向と問題点、日本高気圧環境医学会誌、28(4)：281-286、1993.
- 25) 田村裕昭、川島真人、佐々木聖人、永芳郁文、川島眞之、高尾勝浩、山口喬、宮田健司：九州における潜水漁民の減圧症と骨壊死、第41回日本高気圧環境・潜水医学会総会 予稿集、41(3)：155、2006.
- 26) 有川和宏、平川亘、野間口聡、野口晴司、増田次俊、今村真一、川崎卓郎、久保博明、平明：過去3年間の潜水土減圧症の治療経験、第29回日本高気圧環境医学会総会、29(2)：83-88、1994.
- 27) 永井りつ子、小濱正博：沖縄県における減圧症の問題点について、第41回日本高気圧環境・潜水医学会総会 予稿集、41(3)：153、2006.
- 28) 井上治、野原敦、砂川昌秀：沖縄県におけるII型およびIII型減圧症の易発現性と重症化の検討—職業ダイバーとレジャーダイバーとの比較—、第39回日本高気圧環境医学会総会 抄録集、39(3)：209-217、2004.
- 29) Arness M. K. : Scuba decompression illness and diving fatalities in an overseas military community. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 68(4)：325-333, 1997.
- 30) Proceedings of Repetitive Diving Workshop. DAN 1992 Report on Diving Accidents and Fatalities. Duke University Medical Center, American Academy of Underwater Sciences, March, 18-19, 1991.
- 31) Wilmshurst P. : Analysis of decompression accidents in amateur divers. Progress in Underwater Science, 15 ; 31-37, 1990.